
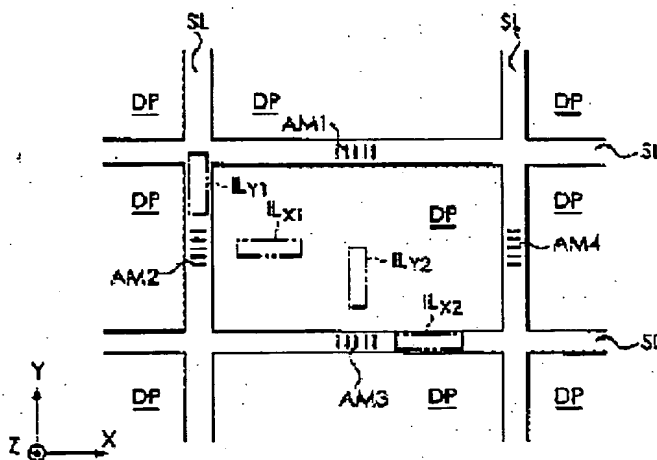


**DEVICE AND METHOD FOR ALIGNMENT AND DEVICE AND METHOD FOR EXPOSURE****Publication number:** JP2001257157**Publication date:** 2001-09-21**Inventor:** KONDO NAOHITO**Applicant:** NIPPON KOGAKU KK**Classification:****- international:** G03F7/22; G03F9/00; G03F9/02; H01L21/027;  
G03F7/22; G03F9/00; G03F9/02; H01L21/02; (IPC1-7):  
H01L21/027; G03F7/22; G03F9/02**- european:** G03F9/00T12; G03F9/00T20**Application number:** JP20000069722 20000314**Priority number(s):** JP20000069722 20000314**Also published as:** US2001023918 (A1)[Report a data error here](#)**Abstract of JP2001257157**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a device and method for alignment and a device and method for exposure by which the positioning of a substrate and the detection of the focal position of an alignment optical system before the substrate is positioned can be performed with high accuracy. **SOLUTION:** The aligner detects the positions of the alignment marks AM1-AM4 of a wafer on which the marks AM1-AM4 are formed along street lines SL. The aligner projects light upon areas on the lines SL which are different from the areas where the marks AM1-AM4 are formed for detecting positional deviations. It is preferable to project rectangular illuminating light rays ILX1 and ILX2 having their lengthwise directions in the X-direction, and rectangular light rays ILY1 and ILY2 having their lengthwise directions in the Y-direction for making preparations for such a case that the street lines SL are formed to orthogonally cross each other.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-257157

(P2001-257157A)

(43) 公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テームト <sup>*</sup> (参考) |
|---------------------------|------|---------------|------------------------|
| H 0 1 L 21/027            |      | G 0 3 F 7/22  | H 5 F 0 4 6            |
| G 0 3 F 7/22              |      | 9/02          | H                      |
| 9/02                      |      | H 0 1 L 21/30 | 5 2 5 F                |

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-69722(P2000-69722)

(22) 出願日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 近藤 尚人

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100097180

弁理士 前田 均 (外2名)

Fターム(参考) 5F046 BA04 CB26 EB07 FA03 FA10

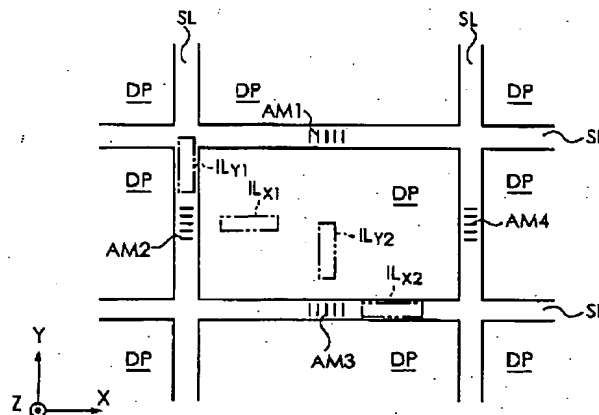
FB04 FB09 FB12 FC05

(54) 【発明の名称】 アライメント装置、アライメント方法、露光装置、及び露光方法

## (57) 【要約】

【課題】 基板の位置決めと、その位置決めに先立つアライメント光学系の焦点位置の検出とを高精度に行うことができるアライメント装置、アライメント方法、露光装置、及び露光方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 ストリートラインSL上にアライメントマークAM1～AM4が形成されたウェハWのアライメントマークAM1～AM4の位置を検出するアライメント装置であって、アライメント装置は、ストリートラインSL上でアライメントマークAM1～AM4が形成された領域と異なる領域に位置ずれ検出のための照明光を照射する。ストリートラインSLが直交して形成される場合に備え、X方向に長手方向を有する矩形の照明光 $IL_{x1}$ 、 $IL_{x2}$ とY方向に長手方向を有する矩形の照明光 $IL_{y1}$ 、 $IL_{y2}$ とを照明することが好ましい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ストリートライン上にマークが形成された基板の該マークの位置を検出する位置検出光学系と、前記基板に検出光を照射するとともに該検出光の反射光を検出することにより該照射領域の前記位置検出光学系の合焦面に対するずれを検出する焦点検出系とを備えたアライメント装置において、前記ストリートライン上であって前記マークの形成領域と異なる領域に前記検出光を照射することを特徴とするアライメント装置。

【請求項 2】 前記ストリートラインは第 1 方向及び該第 1 方向に直交する第 2 方向に存在し、前記焦点検出系は、前記第 1 方向に沿うように延在する第 1 検出光を用いる第 1 検出系、及び前記第 2 方向に沿うように延在する第 2 検出光を用いる第 2 検出系を有することを特徴とする請求項 1 に記載のアライメント装置。

【請求項 3】 前記第 1 及び第 2 検出系の少なくとも一方は前記ストリートライン上の複数箇所を検出することを特徴とする請求項 2 に記載のアライメント装置。

【請求項 4】 前記焦点検出系は、前記第 1 及び第 2 検出光の反射光の強度を比較し、該比較結果に応じて前記第 1 及び第 2 検出系の何れか一方を選択して焦点検出を行うことを特徴とする請求項 2 に記載のアライメント装置。

【請求項 5】 前記焦点検出系は、位置検出すべきマークが存在するストリートラインが前記第 1 方向に沿う場合には前記第 1 検出系を、前記第 2 方向に沿う場合には前記第 2 検出系を選択して焦点検出を行うことを特徴とする請求項 2 に記載のアライメント装置。

【請求項 6】 請求項 1～5 の何れか一項に記載のアライメント装置によりアライメントされた基板上に所定パターンを露光することを特徴とする露光装置。

【請求項 7】 ストリートライン上にマークが形成された基板の該マークの位置を位置検出光学系により検出する前に、前記ストリートライン上であって前記マークの形成領域と異なる領域に検出光を照射するとともに該検出光の反射光を検出することにより該照射領域の前記位置検出光学系の合焦面に対するずれを検出することを特徴とするアライメント方法。

【請求項 8】 前記ストリートラインは第 1 方向及び該第 1 方向に直交する第 2 方向に存在し、前記検出光として、前記第 1 方向に沿うように延在する第 1 検出光、及び前記第 2 方向に沿うように延在する第 2 検出光を照射することを特徴とする請求項 7 に記載のアライメント方法。

【請求項 9】 前記第 1 及び第 2 検出光の反射光の強度を比較し、該比較結果に応じて前記第 1 及び第 2 検出光の何れか一方を用いて焦点検出を行うことを特徴とする

請求項 8 に記載のアライメント方法。

【請求項 10】 位置検出すべきマークが存在するストリートラインが前記第 1 方向に沿う場合には前記第 1 検出光を、前記第 2 方向に沿う場合には前記第 2 検出光を用いて焦点検出を行うことを特徴とする請求項 8 に記載のアライメント方法。

【請求項 11】 請求項 7～10 の何れか一項に記載のアライメント方法を用いて露光対象としての感光基板をアライメントし、

10. 該アライメントされた感光基板にパターンが形成されたマスクを介して露光することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子や液晶表示素子等の製造工程において、フォトマスクと基板との位置合わせを行うアライメント装置及びアライメント方法、並びに当該装置及び方法を用いて上記フォトマスクに形成された像を投影光学系を介して上記基板上に露光転写する露光装置及び露光方法に係り、特に上記基板に対する焦点合わせを行うアライメント装置、アライメント方法、露光装置、及び露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子や液晶表示素子等のデバイス製造においては、露光装置を用いてフォトマスクやレチクル（以下、これらをレチクルと総称する）に形成された微細なパターンの像をフォトリソ等の感光剤が塗布された半導体ウェハやガラスプレート等の基板上に投影露光することが繰り返し行われる。投影露光を行う際には、基板の位置と投影されるレチクルに形成されたパターン像の位置とを精密に合わせる必要がある。この位置合わせを行うために露光装置はアライメント装置を備えている。アライメント装置は、基板に形成されたアライメントマークの位置を検出するアライメントセンサと、このアライメントセンサによって検出されたアライメントマークの位置に基づいて基板の位置合わせを行う制御系とから構成される。

【0003】半導体素子や液晶表示素子等の製造過程において測定対象である基板の表面状態（荒れ程度）が変化するため、単一のアライメントセンサによって基板位置を正確に検出することは困難であり、一般的には基板の表面状態に合わせて異なるセンサが使用される。アライメントセンサの主なものには、LSA (Laser Step Alignment) 方式、FIA (Field Image Alignment) 方式、LIA (Laser Interferometric Alignment) 方式のものがある。以下、これらのアライメントセンサの概略について説明する。

【0004】LSA方式のアライメントセンサは、レーザ光を基板に形成されたアライメントマークに照射し、回折・散乱された光を利用してそのアライメントマークの位置を計測するアライメントセンサであり、従来より

種々の製造工程の半導体ウェハに幅広く使用されている。FIA方式のアライメントセンサは、ハロゲンランプ等の波長帯域幅の広い光源を用いてアライメントマークを照明し、その結果得られたアライメントマークの像を画像処理して位置計測を行うアライメントセンサであり、アルミニウム層や基板表面に形成された非対称なマークの計測に効果的である。LIA方式のアライメントセンサは、基板表面に形成された回折格子状のアライメントマークに、僅かに波長が異なるレーザ光を2方向から照射し、その結果生ずる2つの回折光を干渉させ、この干渉光の位相からアライメントマークの位置情報を検出するアライメントセンサである。このLIA方式のアライメントセンサは、低段差のアライメントマークや基板表面の荒れが大きい基板に用いると効果的である。

【0005】また、一般に光学系にはオートフォーカス機構が設けられているが、アライメントセンサにおいても、被検面をアライメントセンサから所定の範囲内に収める（これも「焦点合わせ」と呼ぶ）ためのオートフォーカス機構が設けられている。このオートフォーカス機構は、計測対象とするアライメントマーク上に検出用の光束を照射して、反射光よりその被検面の光軸方向の位置（フォーカス位置）を検出するオートフォーカスセンサと、そのフォーカス位置を予め求められている位置に設定する駆動機構とから構成されている。

【0006】次に、従来のアライメントセンサについて説明する。図10は、従来のアライメントセンサの構成を示す図である。図10において、アライメントセンサ100には光ファイバ101を介して外部のハロゲンランプ等の照明光源から照明光IL10が導かれる。照明光IL10はコンデンサレンズ102を介して視野分割絞り103に照射される。図11(a)は視野分割絞り103の一例を示す図である。図示されたように、視野分割絞り103には、その中央に幅広矩形形状の開口によりなるマーク照明用絞り200と、マーク照明用絞り200を挟むように配置された一対の幅狭矩形形状の開口によりなる焦点検出用スリット201、202とが形成されている。

【0007】照明光IL10は、視野分割絞り103によって基板W上のアライメントマーク領域を照明するマーク照明用の第1光束と、アライメントに先立つ焦点位置検出用の第2光束とに分割される。このように視野分割された照明光IL20は、レンズ系104を透過し、ハーフミラー105及びミラー106で反射され、対物レンズ107を介してプリズムミラー108で反射され、図12に示すように基板W上のストリートラインSL内に形成されたアライメントマークAMを含むマーク領域とその近傍に照射される。図12は、従来のアライメントセンサ100のウェハW上における照明領域を説明するための図である。

【0008】照明光IL20を照射したときの基板Wの

露光面の反射光は、プリズムミラー108で反射され、対物レンズ107を通過してミラー106で反射された後、ハーフミラー105を透過する。その後、レンズ系109を介してビームスプリッタ110に至り、反射光は2方向に分岐される。ビームスプリッタ110を透過した第1の分岐光は、指標板111上にアライメントマークAMの像を結像する。そして、この像及び指標板111上の指標マークからの光が、二次元CCDによりなる撮像素子112に入射し、撮像素子112の受光面に前記マークAM及び指標マークの像が結像される。

【0009】一方、ビームスプリッタ110で反射された第2の分岐光は、遮光板113に入射する。図11

(b)は遮光板113の一例を示す図である。図11

(b)に示した遮光板113は、符号205が付された矩形領域に入射した光は遮光し、矩形領域205以外の領域206に入射した光は透過する。よって、遮光板113は前述した第1の光束に対応する分岐光を遮光し、第2の光束に対応する分岐光を透過する。遮光板113を透過した分岐光は、瞳分割ミラー114によりテレセントリック性が崩された状態で、一次元CCDによりなるラインセンサ115に入射し、ラインセンサ115の受光面に焦点検出用スリット201、202の像が結像される。

【0010】ここで、基板Wと撮像素子112との間はテレセントリック性が確保されているため、基板Wが照明光及び反射光の光軸と平行な方向に変位すると、撮像素子112の受光面上に結像されたアライメントマークAMの像は、撮像素子112の受光面上における位置が変化することなくデフォーカスされる。これに対して、ラインセンサ115に入射する反射光は、上述のようにそのテレセントリック性が崩されているため、基板Wが照明光及び反射光の光軸と平行な方向に変位すると、ラインセンサ115の受光面上に結像された焦点検出用スリット201、202の像は分岐光の光軸に対して交差する方向に位置ずれする。このような性質を利用して、ラインセンサ115上における像の基準位置に対するずれ量を計測すれば基板Wの照明光及び反射光の光軸方向の位置（焦点位置）が検出される。この技術の詳細については、例えば特開平7-321030号公報を参照されたい。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、半導体素子の製造を例に挙げると、現在は0.25 $\mu$ mルールのプロセスが実用化されているが、微細化の要求が更に高まり、今後0.1 $\mu$ mルールのプロセスでCPU（中央処理装置）やRAM（Random Access Memory）の製造予定がなされており、このような状況下においてはアライメント精度の更なる向上が求められる。一般に、アライメントの精度は必要解像度の1/3程度が要求されるため、0.1 $\mu$ m程度の解像度に対しては30nm程度の

アライメント精度が必要になる。

【0012】上述した従来のアライメント装置では、光学系の構造上の制限から図12(a)に示したように、視野分割絞り103に形成されたマーク照明用絞り200の像を像210として基板W上に照射し、焦点検出用スリット201、202の像を各々像211、212として基板W上に投射している。尚、図12(a)中のA-A線の断面図であり、符号R1、R2、R3は、像210、211、212が照射されている領域をそれぞれ示している。基板Wの処理が多数回に亘って行われると、回路パターンが形成されたデバイス部分DPとストリートラインSLとの間の段差が大きくなる。つまり、デバイス部分DPの表面の高さ位置とストリートラインSLの表面の高さ位置との間に、大きな段差が生じる。これは、デバイス部分DPには絶縁膜形成等の処理が施され、ストリートラインSLには処理が施されないからである。

【0013】このような場合、焦点位置の検出動作にて検出されたアライメント光学系の焦点位置が、アライメントマークAMに対する最適焦点位置ではなく、デバイス部分DPに対する最適焦点位置となる。このため、アライメントを行うに際して、上述のように検出されたアライメント光学系の焦点位置に基づいて基板Wの位置決めを行うと、ストリートラインSLの表面とデバイス部分DPの表面との間の段差の分だけアライメントマークAMがオフセットされた状態となる。この結果、アライメントマークAMの像は、撮像素子112の受光面上にオフセット分だけデフォーカスされた状態で結像されるため、高精度のアライメントが困難になるという問題があった。

【0014】また、デバイス部分DPの表面には回路パターンが形成されて凹凸があるため、照射される焦点検出用スリット201、202の像が回折されて反射光量が少なくなり、その結果光量不足で焦点位置の検出に困難をきたすことが考えられる。この不具合を解決するために、例えば非感光性の広い波長帯域の光を出射するハロゲンランプを光源として用い、この光源から出射される光を可視光域の光と赤外光域の光とに分割してアライメントマークAMを照射することも考えられる。この場合、各々の波長帯域の光がアライメントマークAM全体を照射するよう光学系を設定しても、検出段で各波長帯域を分離することができるため、上記の問題は生じないと考えられる。

【0015】しかしながら、上述のようにマーク照明用の光源と位置検出用の光源とを、ハロゲンランプの波長帯域を分割することによって生成すると、各々の光源の波長帯域が狭められるため、ハロゲンランプ全体の波長帯域の光を使用することができず、結果として、アライメントマークAM検出のための光量及び位置検出のための光量が共に減少してしまい、その結果光量不足でアラ

イメントマークAMの位置検出及び焦点位置の検出に困難をきたすことが考えられる。また、基板W上に形成されたストリートラインSLの反射特性が材質等の原因によって波長依存性を有する場合が考えられ、この場合、分割された狭い波長帯域の光の一方の帯域の光又は両方の帯域の光の反射率が大幅に低下し、上記と同様に光量不足になる不具合も考えられる。

【0016】更に、各帯域の光がアライメントマークAM全体を照射するように光学系を設定しているので、位置検出用の帯域の光がアライメントマークAMによって回折されることによって、この帯域の光の反射率が低下する場合も考えられる。この不具合を解消するため図13に示すように、位置検出用の帯域の光の照射領域をストリートラインSLに沿って広げて図中領域R5を照射するよう光学系を変更することも考えられる。図13は、従来のアライメントセンサ100において、照明領域を変更した場合の不具合を説明するための図である。しかしながら、この場合には、この照射領域に沿った方向にストリートラインSLが形成されている場合、つまりアライメントマークAM1、AM3を計測する場合は良いが、一般にストリートラインSLは格子状に形成されているので、図中アライメントマークAM2、AM4を計測する場合には高い精度で焦点位置検出を行うことができないといった問題が生ずる。

【0017】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、基板の位置決めと、その位置決めに先立つアライメント光学系の焦点位置の検出とを高精度に行うことができるアライメント装置、アライメント方法、露光装置、及び露光方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】以下、この項に示す例では、理解の容易化のため、本発明の各構成要件に実施形態の図に示す代表的な参照符号を付して説明するが、本発明の構成又は各構成要件は、これら参照符号によって拘束されるものに限定されない。

【0019】上記課題を解決するために、本発明のアライメント装置は、ストリートライン(SL)上にマーク(AM)が形成された基板(W)の該マークの位置を検出する位置検出光学系(17、24、25、53、54、55)と、前記基板に検出光(IL2、IL3)を照射するとともに該検出光の反射光を検出することにより該照射領域の前記位置検出光学系の合焦面に対するずれを検出する焦点検出系(14)とを備えたアライメント装置(50)において、前記ストリートライン上であって前記マークの形成領域(RA)と異なる領域に前記検出光を照射することを特徴としている。

【0020】この発明によれば、検出光をストリートライン上に照明して合焦面に対するストリートラインのずれを検出しているため、位置検出光学系の焦点に対するストリートラインの位置ずれも精度良く検出することが

できる。また、検出光はストリートライン上であってマークの形成領域と異なる領域に照射され、マークによる散乱を受けないので、その結果焦点検出を行うために十分な光量が得られ、その結果位置ずれ検出の精度向上にもつながる。

【0021】本発明のアライメント装置は、前記ストリートライン（SL）が第1方向及び該第1方向に直交する第2方向に存在し、前記焦点検出系が、前記第1方向に沿うように延在する第1検出光（ $IL_x$ ）を用いる第1検出系（17、24、25、26、28、30、33、34、35、56）、及び前記第2方向に沿うように延在する第2検出光（ $IL_y$ ）を用いる第2検出系（17、24、25、27、29、30、33、34、35、56）を有することが好ましい。

【0022】この発明によれば、マークが互いに直交するストリートライン上に形成されていたとしても、第1検出光又は第2検出光をストリートライン上に照射することができるので、マーク位置検出上好適である。

【0023】また、本発明のアライメント装置は、前記第1及び第2検出系（17、24、25、26、28、30、33、34、35、56；17、24、25、27、29、30、33、34、35、56）の少なくとも一方が複数設けられたことを特徴としている。第1検出系及び第2検出系の少なくとも一方がストリートライン上の複数箇所を検出するように設けられていれば、一度の位置ずれ検出によって基板上の複数箇所における位置ずれを検出することができるため、その複数箇所の検出結果に基づいて高精度の検出を図ることができる。

【0024】更に、本発明のアライメント装置は、前記焦点検出系が、前記第1及び第2検出光（ $IL_x$ 、 $IL_y$ ）の反射光の強度を比較し、該比較結果に応じて前記第1及び第2検出系（17、24、25、26、28、30、33、34、35、56；17、24、25、27、29、30、33、34、35、56）の何れか一方を選択して焦点検出を行ったり、位置検出すべきマーク（W）が存在するストリートライン（SL）が前記第1方向に沿う場合には前記第1検出系（17、24、25、26、28、30、33、34、35、56）を、前記第2方向に沿う場合には前記第2検出系（17、24、25、27、29、30、33、34、35、56）を選択して焦点検出を行うことを特徴としている。この発明によれば、ストリートライン以外の領域に照射された検出光の反射光による焦点検出を行う必要がないため、結果としてスループットの向上に寄与する。

【0025】本発明の露光装置は、上記のアライメント装置を備えたことを特徴としている。この発明によれば、上記のアライメント装置によりアライメント装置の合焦面に対するストリートラインの位置ずれが高い精度で検出され、この高い精度を有する検出結果に基づき高

い精度で基板の位置合わせを行うことができるので、より微細なデバイスを作成する場合に極めて好適である。

【0026】本発明のアライメント方法は、ストリートライン上にマークが形成された基板の該マークの位置を位置検出光学系により検出する前に、前記ストリートライン上であって前記マークの形成領域と異なる領域に検出光を照射するとともに該検出光の反射光を検出することにより該照射領域の前記位置検出光学系の合焦面に対するずれを検出することを特徴としている。

【0027】本発明のアライメント方法は、前記ストリートラインが第1方向及び該第1方向に直交する第2方向に存在し、前記検出光として、前記第1方向に沿うように延在する第1検出光、及び前記第2方向に沿うように延在する第2検出光を照射することを特徴としている。このとき、前記第1及び第2検出光の反射光の強度を比較し、該比較結果に応じて前記第1及び第2検出光の何れか一方を用いて焦点検出を行ったり、位置検出すべきマークが存在するストリートラインが前記第1方向に沿う場合には前記第1検出光を、前記第2方向に沿う場合には前記第2検出光を用いて焦点検出を行うことが好適である。本発明のアライメント方法によれば、本発明のアライメント装置と同様の効果を得ることができる。

【0028】本発明の露光方法は、上記のアライメント方法を用いて露光対象としての感光基板をアライメントし、該アライメントされた感光基板にパターンが形成されたマスクを介して露光することを特徴としている。この発明によれば、上述した本発明の露光装置と同様の効果を得ることができる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の一実施形態によるアライメント装置、アライメント方法、露光装置、及び露光方法について詳細に説明する。図1は、本発明の一実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。本実施形態においては、本発明をオフアクシス方式のアライメントセンサを備えたステップ・アンド・リピート方式（一括露光方式）の露光装置に適用している。なお、本発明はステップ・アンド・スキャン方式（走査露光方式）の露光装置にも適用可能である。以下の説明においては、図1中に示されたXYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。XYZ直交座標系は、X軸及びZ軸が紙面に対して平行となるよう設定され、Y軸が紙面に対して垂直となる方向に設定されている。図中のXYZ座標系は、実際にはXY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直上方向に設定される。

【0030】図1において、照明光学系1は後述する主制御系13から露光光出射を指示する制御信号が出力された場合に、ほぼ均一の照度を有する露光光ELを出射してレチクル2を照射する。露光光ELの光軸はZ軸方

向に対して平行に設定されている。上記露光光E Lとしては、例えばg線(436nm)、i線(365nm)、KrFエキシマレーザ(248nm)、ArFエキシマレーザ(193nm)、F<sub>2</sub>レーザ(157nm)が用いられる。

【0031】レチクル2は、フォトリソが塗布されたウェハ(基板)W上に転写するための微細なパターンを有し、レチクルホルダ3上に保持される。レチクルホルダ3はベース4上のXY平面内で移動及び微小回転ができるように支持されている。装置全体の動作を制御する主制御系13が、ベース4上の駆動装置5を介してレチクルステージ3の動作を制御して、レチクル2の位置を設定する。

【0032】露光光E Lが照明光学系1から出射された場合には、レチクル2のパターン像が投影光学系6を介してウェハW上のデバイス部分たる各ショット領域に投影される。投影光学系6は複数のレンズ等の光学素子を有し、その光学素子の硝材としては露光光E Lの波長に応じて石英、蛍石等の光学材料から選択される。ウェハWはウェハホルダ7を介してZステージ8に載置されている。Zステージ8は、ウェハWのZ軸方向の位置を微調整させるステージである。また、Zステージ8はXYステージ9上に載置されている。XYステージ9は、XY平面内にウェハWを移動させるステージである。尚、図示は省略しているが、ウェハWをXY平面内で微小回転させるステージ及びZ軸に対する角度を変化させてXY平面に対するウェハWの傾きを調整するステージを設けてもよい。

【0033】ウェハホルダ7の上面の一端にはL字型の移動鏡10が取り付けられ、移動鏡10の鏡面に対向した位置にレーザ干渉計11が配置されている。図1では図示を簡略化しているが、移動鏡10はX軸に垂直な鏡面を有する平面鏡及びY軸に垂直な鏡面を有する平面鏡から構成されている。また、レーザ干渉計11は、X軸に沿って移動鏡10にレーザビームを照射する2個のX軸用のレーザ干渉計及びY軸に沿って移動鏡10にレーザビームを照射するY軸用のレーザ干渉計より構成され、X軸用の1個のレーザ干渉計及びY軸用の1個のレーザ干渉計により、ウェハホルダ7のX座標及びY座標が計測される。

【0034】また、X軸用の2個のレーザ干渉計の計測値の差により、ウェハホルダ7のXY平面内における回転角が計測される。レーザ干渉計11により計測されたX座標、Y座標及び回転角の情報はステージ駆動系12に供給される。これらの情報は位置情報としてステージ駆動系12から主制御系13へ出力される。主制御系13は、供給された位置情報をモニターしつつステージ駆動系12を介して、ウェハホルダ7の位置決め動作を制御する。尚、図1には示していないが、レチクルホルダ3にもウェハホルダ7に設けられた移動鏡及びレーザ干

渉計と同様のものが設けられており、レチクルホルダ3のXYZ位置等の情報が主制御系13に入力される。

【0035】投影光学系6の側方にはオフ・アクシスのアライメントセンサ(焦点光学系)14が設けられている。このアライメントセンサ14は、本発明の一実施形態による露光装置が備える本発明の一実施形態によるアライメント装置であり、FIA(Field Image Alignment)方式に適用した場合のアライメント装置である。アライメントセンサ14はアライメントセンサ14の焦点に対するウェハW上に形成されたストリートラインSLの位置ずれを検出するものである。アライメントセンサ14には、ハロゲンランプ15から光ファイバ16を介してウェハWを照明するための照射光が入射される。ここで、照明光の光源としてハロゲンランプ15を用いるのは、ハロゲンランプ15の出射光の波長域は500~800nmであり、ウェハW上面に塗布されたフォトリソを感光しない波長域であるため、及び波長帯域が広く、ウェハW表面における反射率の波長特性の影響を軽減することができるためである。

【0036】アライメントセンサ14から出射された照明光はプリズムミラー17によって反射された後、ウェハW上面を照射する。アライメントセンサ14は、ウェハW上面の反射光をプリズムミラー17を介して取り入れ、検出結果を電気信号に変換してアライメント信号処理系18に出力する。また、図示は省略しているが、ウェハWに形成されたアライメントマークAMのXY平面内における位置を検出する位置検出センサ(位置検出光学系)が設けられ、この位置検出センサの検出結果はアライメント信号処理系18に入力されている。位置検出センサのZ軸方向の焦点位置は、アライメントセンサ14のZ軸方向の焦点位置と同一に設定されている。アライメント信号処理系18は、アライメントセンサ14からの検出結果及び位置検出センサから出力される検出結果に基づいて、アライメントセンサ14の焦点位置に対するウェハWに形成されたストリートラインSLの位置ずれ(デフォーカス量)及びアライメントマークAMのXY平面内における位置を求め、これらをウェハ位置情報として主制御系13へ出力する。

【0037】主制御系13は、ステージ駆動系12から出力される位置情報及びアライメント信号処理系18から出力されるウェハ位置情報に基づき露光装置の全体動作を制御する。具体的に説明すると、主制御系13は、アライメント信号処理系18から出力されるウェハ位置情報に基づいて駆動系12に対して駆動制御信号を出力する。駆動系12はこの駆動制御信号に基づき、XYステージ9やZステージ8をステップ駆動する。このとき、主制御系13は、まずウェハWに形成された基準マークの位置が位置検出センサによって検出されるように駆動系12に対して駆動制御信号を出力する。駆動系12がXYステージ9を駆動するとアライメントセンサ

14及び位置検出センサの検出結果がアライメント信号処理系18へ出力される。この検出結果から、例えば位置検出センサの検出中心とレチクルRの投影像の中心

(投影光学系6の光軸AX)とのずれ量であるベースライン量が計測される。そして、位置検出センサで計測されたアライメントマークAMの位置に上記ベースライン量を加算して得た値に基づいて、ウェハWのX座標及びY座標を制御することにより、各ショット領域をそれぞれ正確に露光位置に合わせ込むようになっている。

【0038】本実施形態ではアライメントマークAMの位置の検出精度を向上させるため、ウェハWに形成されたストリートラインSLの位置をアライメントセンサ14の焦点位置に合わせる制御を行う。つまり、主制御系13はアライメントマークAMのXY平面内における位置を計測する場合には、まずアライメントマークAMが位置検出センサの検出範囲内に入るようにステージ駆動系12を制御し、次にウェハWに形成されたストリートラインSLのZ軸方向における位置がアライメントセンサ14の焦点位置に合焦するようステージ駆動系12を制御する。前述のように、位置検出センサとアライメントセンサ14とのZ軸方向における焦点位置は同一に設定されているので、ウェハWに形成されたストリートラインSLをアライメントセンサ14の焦点位置に合焦させることで、ストリートラインSLは位置検出センサとも合焦することになる。よって、アライメントセンサ14の焦点位置検出の精度を向上させることで、アライメントマークAMを位置検出センサの焦点に合わせることができ、その結果位置検出センサによるアライメントマークAMの検出精度が向上する。アライメントマークAMの位置を検出し、露光を行うショット領域を正確に露光位置に合わせる制御を行った後、主制御系13は照明光学系1に対して露光光ELを出射させる制御信号を出力する。

【0039】以上、本発明の一実施形態による露光装置の構成及び動作の概略について説明したが、次に本発明の一実施形態によるアライメント装置が備えるアライメントセンサ14について詳細に説明する。図2は、本発明の一実施形態によるアライメントセンサ14の構成を示す図である。尚、図2において図1に示した部材と同一の部材には同一の符号が付してある。図2に示したように、アライメントセンサ14には光ファイバ16を介して図1中のハロゲンランプ15から波長域が500～800nmの照明光IL1が導かれている。

【0040】この照明光IL1は、コンデンサーレンズ20を介して視野絞り板21に入射する。視野絞り板21は、ウェハWに照射する照明光IL1の像の形状を規定するものである。図3は、視野絞り板21の一例を示す断面図である。図3に示した例の視野絞り板21は円形板状の形状であり、その中心付近からY軸方向へ矩形の開口40が形成され、更にその中心付近からX軸方向

へ矩形の開口41が形成されている。したがって、視野絞り板21に入射した照明光IL1は、視野絞り板21を透過することにより、X軸方向に長手方向を有する矩形形状の照明光とY軸方向に長手方向を有する照明光に整形される。以下、これらの照明光を区別する場合にはX軸方向に長手方向を有する矩形形状の照明光に符号IL<sub>x</sub>を付し、Y軸方向に長手方向を有する矩形形状の照明光に符号IL<sub>y</sub>を付して説明する。また、照明光IL<sub>x</sub>、IL<sub>y</sub>とを区別せず、これらをまとめて説明する場合には符号IL2を付して説明する。

【0041】照明光IL2はレンズ系22を通過した後、ビームスプリッタ23で反射され対物レンズ24を透過してアライメントセンサ14から出射される。照明光IL2がアライメントセンサ14から出射されると、プリズムミラー17によって反射され、ウェハWに形成されているアライメントマークAM近傍を照明する。図4は、ウェハW上における照明光IL2の照射位置を説明するための図である。図4において、符号RAが付された領域は、XY平面内においてアライメントマークAMが形成されている領域である。つまり、領域RA内部にアライメントマークAMが形成されている。図4に示した例では、X軸方向に平行な複数の直線とY軸方向に平行な複数の直線との交点の位置に領域RAが形成されている。検出光たる照明光IL2をなす照明光IL<sub>x</sub>及び照明光IL<sub>y</sub>は領域RA以外の領域に照明される。領域RAの配置が図4に示した配置から変化した場合も照明光IL<sub>x</sub>及び照明光IL<sub>y</sub>は領域RA以外の領域に照明される。

【0042】図2に戻り、ウェハWは、アライメントマークAMが形成された領域がレンズ系22と対物レンズ24との合成系に関して視野絞り板21とほぼ共役(結像関係)となるように配置されている。照明光IL<sub>x</sub>及び照明光IL<sub>y</sub>の反射光は、プリズムミラー17、対物レンズ24を介してビームスプリッタ23に入射する。ビームスプリッタ23に入射した反射光は、ビームスプリッタ23を透過し、レンズ系25を介して反射板26、27へ入射して反射される。ここで、レンズ系25を透過した反射光を反射して進行方向を変えるために反射板26、27、28、29を用いているのは、後述のように受光素子として一次元CCD等のラインセンサを用いているからである。即ち、2次元の像であるウェハWからの反射光を光検出面が一次元であるラインセンサを用いて測定するために、反射板26、27、28、29等からなる光学系を工夫している。反射板26には主として照明光IL<sub>x</sub>による反射光が入射され、反射板27には主として照明光IL<sub>y</sub>による反射光が入射される。

【0043】反射板26の反射光及び反射板27の反射光は、それぞれ反射板28、29へ入射して反射される。反射板28、29の反射光はそれぞれレンズ系30

10

20

30

40

50



へ入射する。レンズ系30を透過した光はテレセントリック性を崩す光学素子としての瞳分割ミラー33に入射する。レンズ系30を透過した光が瞳分割ミラー33に入射すると、この瞳分割ミラー33で反射されるとともに、そのテレセントリック性が崩される。この非テレセントリック性の光は、レンズ系34を介して1次元CCD等からなるラインセンサ35上に、照明光 $IL_x$  による反射光の像及び照明光 $IL_y$  による反射光の像を再結像する。すなわち、ラインセンサ35上に、照明光 $IL_x$  による反射光の像（瞳分割ミラー33で分割された2つの像）と、照明光 $IL_y$  による反射光の2つの像の合計4つの像が結像されることになる。なお、照明光 $IL_x$  による像と照明光 $IL_y$  による像は、センサ35上の異なる位置にそれぞれ形成される。ラインセンサ35は、その受光面に結像された像を撮像して光電変換する。光電変換された電気信号はアライメント信号処理系18へ出力される。

【0044】このように、対物レンズ24、反射板26、反射板28、レンズ系30、瞳分割ミラー33、レンズ系34、及びラインセンサ35は、焦点検出系の第1検出系をなし、対物レンズ24、反射板27、反射板29、レンズ系30、瞳分割ミラー33、レンズ系34、及びラインセンサ35は、焦点検出系の第2検出系をなす。第1検出系及び第2検出系の何れもが瞳分割ミラー33を含み、非テレセントリック性である。従って、アライメントセンサ14の焦点位置に対してZ軸方向にウェハWが変位するとラインセンサ35上に再結像された像の位置はラインセンサ35の長手方向に位置ずれする。これを利用して、AF検出を行う。まず、ウェハホルダ7上に設けられた不図示ではあるが公知の基準マーク板（フィデューシャルマーク板）の基準マークと投影光学系6の結像面とが一致した状態において、ラインセンサ35上に再結像される照明光 $IL_x$  ,  $IL_y$  による反射光の像の位置を基準位置として処理系18に記憶する。なお、基準マーク板の代わりにウェハ上のアライメントマークAMを用いてアライメントマークAMと投影光学系6の結像面とが一致した状態においてラインセンサ35上の再結像される像の位置を基準位置として予めアライメント信号処理系18内に格納しておくようにしてもよい。そして、AF検出を行う際にはそのアライメント信号処理系18において、照明光 $IL_x$  ,  $IL_y$  の反射光によりラインセンサ35上に形成された像のラインセンサ35上での位置の、前記格納された基準位置（センサ35上の合焦時の照明光 $IL_x$  ,  $IL_y$  像の位置）に対する横ずれ量及び横ずれの発生方向から計測しようとするアライメントマークAMのZ軸方向の位置ずれ（位置ずれ方向と位置ずれ量）が検出される。

【0045】なお、瞳分割方式を用いたAF検出方法は、例えば、特開平6-214150号公報や特開平1

0-223517号公報等で公知であるため、ここでのこれ以上の説明は省略する。

【0046】照明光 $IL_x$  及び照明光 $IL_y$  とアライメントマークAMが形成された領域RAとの位置関係は図4を用いて概説したが、次に実際のウェハWに対する照明光 $IL_x$  及び照明光 $IL_y$  の照射位置について説明する。図5は、ストリートラインSLが形成されたウェハW上における照明光 $IL_2$  の照射位置を説明するための図である。図5に示したように、実際のウェハWには電子回路を作りつけるためのデバイス部分DP、このデバイス部分DPの間であって、互いに直交するよう配置された複数のストリートラインSL、及びストリートラインSL上に配置されたアライメントマークAM1~AM4等が形成されている。

【0047】いま、位置検出センサによってアライメントマークAM2（Y方向の位置検出用のアライメントマーク）の位置を検出する場合には、ストリートラインSL上に照明光 $IL_{y1}$  を照射する。照明光 $IL_{y1}$  をストリートラインSL上に照射すると、図示されたように照明光 $IL_{x1}$  はデバイス部分DPを照射することとなる。また、位置検出センサによってアライメントマークAM3（X方向の位置検出用のアライメントマーク）の位置を検出する場合には、ストリートラインSL上に照明光 $IL_{x2}$  を照射する。照明光 $IL_{x2}$  をストリートラインSL上に照射すると、今度は照明光 $IL_{y2}$  がデバイス部分DPを照射することとなる。図中のアライメントマークAM2の位置を検出する場合には照明光 $IL_{x1}$  及び照明光 $IL_{y1}$  の反射光の何れもがアライメントセンサ14で検出され、アライメントマークAM3の位置を検出する場合には照明光 $IL_{x2}$  及び照明光 $IL_{y2}$  の反射光の何れもがアライメントセンサ14で検出される。

【0048】なお、図5では、ストリートラインの存在（延在）する方向と、そのストリートライン上に形成されたアライメントマークの計測方向とを一致させて説明したが、本発明はこれに限らず、例えばX方向位置計測用のアライメントマークAM3を、マークAM2が形成されているストリートライン上に形成してもよい。この場合のマークAM3は、照明光 $IL_y$  で照明してマーク位置を計測されることになる。

【0049】デバイス部分DP上に照射された照明光 $IL_{x1}$  や照明光 $IL_{y2}$  による反射光の検出結果はアライメントマークAM2、AM3の高い精度の位置検出には不要である。図5中のアライメントマークAM1、AM3は、X方向の位置検出を行うためのアライメントマークであり、アライメントマークAM2、AM4はY方向の位置検出を行うためのアライメントマークである。位置検出センサから出力される信号によって、何れの方

な処理を省くために位置計測の以外の方向の照明光の反射光による検出結果に対しては処理を行わないよう設定しておく。また、アライメントマークAMの位置とその位置に形成されたアライメントマークAMは何れの方向の位置計測を行うためのものかを示す情報を主制御系13に記憶させ、その情報をアライメント信号処理系18へアライメントマークAMを計測する度に出力すれば、位置検出センサの出力を用いずとも不要な信号処理を省くことができる。

【0050】あるいは、デバイス部分DPを照射する照明光 $IL_{x1}$ や照明光 $IL_{y2}$ の反射光は、デバイス部分DPに形成された回路による回折によってその強度がストリートラインSL上を照射する照明光 $IL_{y1}$ や照明光 $IL_{x2}$ による反射光の強度よりも弱くなると考えられる。従って、アライメント信号処理系18は照明光 $IL_{x1}$ による反射光の検出結果の信号強度と照明光 $IL_{y1}$ による反射光の検出結果の信号強度とを比較し、強度が強い方の検出結果のみを処理するようにしてもよい。

【0051】次に、本実施形態の露光装置のアライメントセンサ14を用いた位置検出の動作について説明する。

【0052】処理が開始すると、主制御系13は、ステージ駆動系12を介して、ウェハW上のアライメントマークAMがアライメントセンサ14の検出領域内に対応する位置に移動するようにXYステージ9を駆動させる。主制御系13はハロゲンランプ15に対して制御信号を出力して照明光 $IL1$ を出射させる。照明光 $IL1$ が出射されると光ファイバ16を介してアライメントセンサ14内に導入され、コンデンサレンズ20を通過し、視野絞り板21によって整形され、照明光 $IL_x$ と照明光 $IL_y$ とからなる照明光 $IL2$ となる。照明光 $IL2$ はレンズ系22を透過し、ビームスプリッタ23によって反射され、対物レンズ24を通過した後プリズムミラー17によって反射され、照明光 $IL_x$ と照明光 $IL_y$ がウェハW上に照射される。

【0053】照明光 $IL_x$ と照明光 $IL_y$ による反射光はプリズムミラー17を介してアライメントセンサ14内に戻り、対物レンズ24、ビームスプリッタ23、及びレンズ系25を順に透過し、照明光 $IL_x$ による反射光は反射板26、28、31、32によって順に反射されてレンズ系30に入射し、照明光 $IL_y$ による反射光は反射板27、29によって順に反射されてレンズ系30に入射する。レンズ系30に入射したときの像は、長手方向が互いに平行となっている。そして、瞳分割ミラー33を介してそのテレセントリック性が崩された状態でラインセンサ35で受光される。ラインセンサの受光面上には、これらの像がアライメントマークAMのZ軸方向の位置に応じて横ずれした状態で結像される。

【0054】ラインセンサ35によって光電気変換された電気信号はアライメント信号処理系18に入力され信号処理が施される。このとき、アライメント信号処理系18はアライメントセンサAMの位置検出方向に応じて、図5に示したデバイス部分DPを照射している照明光 $IL_{x1}$ による反射光又は照明光 $IL_{y2}$ による反射光の検出結果に対しては処理を行わない。アライメント信号処理系18に予め格納されている基準位置に対する検出信号の横ずれ量からウェハWに形成されたストリートラインSLのアライメントセンサ14の焦点位置に対する最適焦点位置が検出される。主制御系13は、ステージ駆動系12を介してウェハW上のストリートラインSLのZ軸方向の位置がこの最適焦点位置と一致するようにZステージ8を駆動させる。Zステージ8の移動が完了すると、位置検出センサによってアライメントマークAMのX座標及びY座標位置が高い精度で検出される。

【0055】主制御系13は、検出されたアライメントマークAMのX座標及びY座標に対して、前述したベースライン量を加算して補正を行う。そして、主制御系13はステージ駆動系12を介してベースライン補正されたウェハWのX座標及びY座標に基づいて、各ショット領域の中心と投影光学系6の光軸AXとが一致するようにXYステージ9を駆動させる。これにより、ウェハWの各ショット領域の正確な露光位置への合わせ込み、即ちウェハWの正確な位置合わせが行われる。

【0056】以上説明した本発明の一実施形態によれば以下の効果を得ることができる。

【0057】第一に、ハロゲンランプ15から出射された照明光を、ストリートラインSL上であってアライメントマークAMが形成されていない領域に照射し、その反射光によってアライメントセンサ14の焦点位置に対するウェハWのZ軸方向の位置ずれを検出するようにしているため、ストリートラインSLに対して段差を有するデバイス部分DPではなく、アライメントマークAMが形成されたストリートラインSL上に位置検出センサの焦点位置を合わせることができ、その結果ストリートラインSL上に形成されたアライメントマークの位置検出を高い精度で行うことができる。

【0058】第二に、視野絞り板21によって照明光 $IL1$ を、X軸方向に長手方向を有する矩形の照明光 $IL_x$ とY軸方向に長手方向を有する矩形の照明光 $IL_y$ とに整形し、これらの照明光 $IL_x$ 及び照明光 $IL_y$ をウェハWに照射しているので、アライメントマークAMが互いに直交するストリートラインSL上に形成されていたとしても、何れかの照明光をアライメントマークAMが形成されている互いに直交するストリートラインSL上に照射することができるので、このような場合であってもアライメントセンサ14の焦点に対するストリートラインSLの位置ずれを高い精度で検出する

ことができる。この結果、位置合わせも高い精度で行うことができる。

【0059】第三に、通常は測定しようとするアライメントマークが形成されているストリートラインの延在方向（向き）を予め認識しておいて、照明光 $IL_x$ 、 $IL_y$ のいずれを計測光として使用するかを認識して計測を行うが、もし、このような認識が前もって行われなかった場合であっても、正しい計測を行うことができる。すなわち、計測時には照明光 $IL_x$ 及び照明光 $IL_y$ の何れか一方がストリートラインを、他方がデバイス部分DPを照射する状態となっており、デバイス部分DPを照明した照明光の反射光強度はストリートライン上を照明したそれより低下することに着目する。そして、アライメント信号処理系18が照明光 $IL_x$ 及び照明光 $IL_y$ の反射光の強度を比較してストリートラインSL上を照射している照明光の反射光の検出結果（ $IL_x$ 、 $IL_y$ のうち反射光強度が大きい方の結果）のみを用いてアライメントセンサ14に対するウェハWのZ軸方向の位置ずれを検出するように構成している。このため、計測に使用すべき照明光を自動的に判別して、正確な計測を行うことができる。すなわち、検出するアライメントマークAMの位置計測の方向に応じ、照明光 $IL_x$ 及び照明光 $IL_y$ による反射光の何れを検出結果として使用するかを自動的に判別して処理することができ、更に不要な処理を行うこともない。

【0060】次に、本発明の他の実施形態によるアライメント装置について説明する。図6は、本発明の他の実施形態によるアライメント装置の構成を示す図である。尚、図6においては、図2に示したアライメントセンサ14の部材と共通する部材には同一の符号を付し、その説明を省略する。図6に示した本発明の他の実施形態によるアライメント装置が備えるアライメントセンサ50が図2に示したアライメントセンサ14と異なる点は、図2中の視野絞り板21に代えて視野絞り板51を設け、レンズ系25から反射板26、27に至る光路にビームスプリッタ52及び遮光板56を順に設け、更にビームスプリッタ52により反射される光の光路上に指標板53、リレーレンズ系54、撮像素子55が設けられた点である。対物レンズ24、レンズ系25、指標板53、リレーレンズ系54、及び撮像素子55は位置検出光学系をなしている。よって、本実施形態では一実施形態で説明した図示しない位置検出光学系をなす位置検出センサは省略されることとなる。また、位置検出光学系はテレセントリック光学系をなしている。

【0061】図7(a)は視野絞り板51の一例を示す断面図である。視野絞り板51は、図3(a)に示した視野絞り板21と同様に、円形板状の形状であり、その中心付近からY軸方向へ矩形の開口40が形成され、更にその中心付近からX軸方向へ矩形の開口41が設けられている。視野絞り板51は更に断面が略正形状の開

口60が形成されている。この開口60はアライメントマークAMを照射するために設けられる。指標板53は、合点状態では、対物レンズ24とレンズ系25との合成系に関してウェハWの露光面と共役位置に配置されるとともに、リレーレンズ系54に関して撮像素子55の受光面と共役位置に配置されている。この指標板53は、透明板の上にクロム層等で指標マークを形成したものであり、アライメントマークAMの反射像が通過する部分は透明なままとなっている。また、この指標マークは、ウェハW上のX軸方向又はY軸方向と共役な方向の位置基準となっている。

【0062】撮像素子55は、例えば二次元CCD等からなり、その受光面に結像されたアライメントマークAMの反射像及び上記指標マークの投影像とを撮像して光電変換する。その光電変換により得られた画像信号は、アライメント信号処理系18へ出力され、アライメント信号処理系18において、ウェハWに関するX軸方向及びY軸方向における位置情報が、画像信号に基づいてアライメントマークAMのX座標及びY座標として求められる。図7(b)は遮光板56の一例を示す図である。遮光板56は焦点位置検出に用いる光以外の不要な光を遮光するものであり、具体的には、入射した光を遮光する矩形領域61により視野絞り板51の開口60を通過してウェハWを照射する照明光による反射光が第1検出系及び第2検出系に入射しないよう遮光する。

【0063】ハロゲンランプ15から光ファイバ16を介して照明光 $IL_1$ がアライメントセンサ50内に入射されると、コンデンサレンズ20を介して視野絞り板51によって、照明光 $IL_x$ 、照明光 $IL_y$ 、及び照明光 $IL_0$ からなる照明光 $IL_3$ に整形される。照明光 $IL_3$ はレンズ系22を透過し、ビームスプリッタ23によって反射され、対物レンズ24を通過した後プリズムミラー17によって反射されウェハW上に投影される。図8は、照明光 $IL_3$ が図5中のアライメントマークAM3を照射している様子を示す図である。図8に示したように、照明光 $IL_x$ 及び照明光 $IL_y$ は図5に示した場合と同様の位置に照射されるが、本実施形態では更に照明光 $IL_0$ がアライメントマークAM3を照射する。

【0064】照明光 $IL_x$ 、照明光 $IL_y$ 、及び照明光 $IL_0$ による反射光はプリズムミラー17を介してアライメントセンサ50内に戻り、対物レンズ24、ビームスプリッタ23、及びレンズ系25を順に透過し、ビームスプリッタ52に入射する。ビームスプリッタ52に入射した反射光の内、透過した光は遮光板56へ入射し、照明光 $IL_0$ による反射光のみが遮光される。遮光板56を透過した照明光 $IL_x$ 及び照明光 $IL_y$ による反射光は反射板26又は反射板27に入射し、図2を参照して説明した光路を通過し、ラインセンサ35によって検出される。

【0065】一方、ビームスプリッタ52によって反射された光は、指標板53に入射し、照明光 $IL_0$ による反射光のみが指標板53を透過する。指標板53を透過したアライメントマークAMの像及び指標板53上の指標マークの像がリレーレンズ系54を介して撮像素子55の受光面上に結像される。位置検出光学系はテレセントリック系を構成しているため、アライメントセンサ50の焦点位置からウェハWがZ軸方向に位置ずれした場合には、撮像素子55の撮像面に結像された像の位置は変化せずにデフォーカスされる。位置検出光学系と焦点計測系とのZ軸方向における焦点位置は同一に設定されているため焦点計測系によりウェハWの位置ずれを検出し、主制御系13が駆動系12を介してZステージ8を駆動して位置合わせを行い、ウェハW上のストリートラインSLに焦点計測系の焦点位置を合わせることで、位置検出光学系の焦点位置もストリートラインSLに設定される。

【0066】以上説明した本発明の他の実施形態によるアライメント装置によれば、アライメントマークAMのXY平面内における位置を計測する位置検出光学系と焦点計測系とがアライメントセンサ50内に設けられているので、装置の小型化を図ることができるとともに、位置検出光学系と焦点計測系とのZ軸方向の焦点位置の調整を行う必要がないため、取扱いが容易である。

【0067】ところで、図8に示した例では、アライメントマークAM3が、比較的基板中央のショットに対応するマークで、且つ、ストリートラインSLの中央寄りにあるため、照明光 $IL_{x2}$ による焦点検出後に基板ステージ(XYステージ9)を移動する必要なく、照明光 $IL_0$ によるマークAM3の位置検出を行うことができるが、全ての場合において、図8に示したような配置関係になるとは限らない。

【0068】計測対象となるウェハやアライメント計測に使用するセンサによっては、図14(b)や図15(b)に示したような配置関係となる場合もある。

【0069】図14は、半導体チップがウェハ上で格子状に配置されずに作られる場合における例を示したものである。図14(a)に示すように、アライメントAF照明位置(照明光 $IL_x$ ,  $IL_y$ )とアライメントマーク計測位置(照明光 $IL_0$ )とが定義されている場合(図8に示した位置関係と同様の配置)において、図14(b)に示したようなウェハ上を計測する場合、アライメントマークAM3に、アライメントマーク照明光領域 $IL_0$ を合わせると、AF検出光 $IL_x$ は、一部はストリートラインSL上にあるが、他の一部はストリートライン外(プロセス領域DP)を照明することとなる。このような状態でAF検出を行っても、その検出結果は好ましくないものとなる。

【0070】そこで、図14(b)に示すような配置関係になる場合には、まず図14(c)に示すように、A

F検出光 $IL_x$ が全てストリートラインSL上を照明するような位置となるようにXYステージ9を移動制御してAF検出を行い、その後、図14(b)に示す配置関係となるようにステージ9を移動制御して、アライメントマークAM3の検出を行うようにする。

【0071】図15は、アライメント計測用センサとしてLSAを用いた場合の例である。LSAの計測位置(照明光 $IL_{ox}$ ,  $IL_{oy}$ )とAF計測位置(照明光 $IL_x$ ,  $IL_y$ )とは図15(a)に示すような配置関係となっているため、ウェハ上を計測する際には図15(b)に示すような配置関係となってしまう。

【0072】この図15に示す場合においても、上述したように、まず、図15(b)に示すように、AF検出光 $IL_x$ が全てストリートラインSL上を照明するようにステージ9の位置制御を行った後に、AF検出を行い、その後、図15(c)に示す配置関係となるようにステージ9の位置制御を行って、アライメントマークAM3の検出を行うようにする。

【0073】尚、上述したアライメントセンサ14又はアライメントセンサ50における焦点検出系の第1検出系及び第2検出系の少なくとも一方を複数設け、一度の焦点検出でウェハW上のマーク周辺のストリートライン上の複数箇所の焦点位置からの位置ずれを検出することが、検出精度向上の観点から好ましい。更に、上述した実施形態ではアライメントセンサ14、50としてFIA方式のアライメントセンサを例に挙げて説明したが、本発明はLSA(Laser Step Alignment)方式及びLIA(Laser Interferometric Alignment)方式のアライメントセンサにも適用することができる。また、上記実施形態においては、照明光 $IL_x$ ,  $IL_y$ の形状を矩形としたが、本発明はこの形状に制限される訳ではなく、検出対象に合わせて適宜変更することができる。また、ストリートラインSLが直交せずにウェハW上に形成されている場合には、そのストリートラインSLに合わせて光学系又は視野絞り板21、51を変更してストリートラインSLを照明するようにしても良い。

【0074】尚、前述した本発明の一実施形態による露光装置(図1)は、ウェハWを精度よく高速に位置制御することができ、スループットを向上しつつ高い露光精度で露光が可能となるように、照明光学系1、レチクルホルダ3、ベース4、及び駆動装置5を含むレチクルアライメント系、ウェハホルダ7、Zステージ8、XYステージ9、移動鏡10、及びレーザ干渉計11を含むウェハアライメント系、投影光学系6等の図1に示された各要素が電氣的、機械的、又は光学的に連結して組み上げられた後、総合調整(電気調整、動作確認等)をすることにより製造される。尚、露光装置の製造は、温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0075】次に、本発明の一実施形態の露光装置及び

露光方法を使用したデバイスの製造について説明する。

【0076】図9は、本発明の一実施形態による露光装置を用いてデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の生産のフローチャートである。図9に示されるように、まず、ステップS10（設計ステップ）において、デバイスの機能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップS11（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップS12（ウェハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウェハを製造する。

【0077】次に、ステップS13（ウェハプロセスステップ）において、ステップS10～ステップS12で用意したマスクとウェハを使用して、リソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップS14（組立ステップ）において、ステップS13において処理されたウェハを用いてチップ化する。このステップS14には、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程が含まれる。最後に、ステップS15（検査ステップ）において、ステップS15で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0078】尚、本実施形態の露光装置として、マスクと基板とを同期移動してマスクのパターンを露光する走査型の露光装置にも適用することができる。また、露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることがなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適当である。本実施形態の露光装置の光源は、g線（436nm）、i線（365nm）、KrFエキシマレーザ（248nm）、ArFエキシマレーザ（193nm）、F<sub>2</sub>レーザ（157nm）のみならず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト（LaB<sub>6</sub>）、タンタル（Ta）を用いることができる。

【0079】投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。投影光学系としては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や螢石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F<sub>2</sub>レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系の光学系にし（レチクルも反射型タイプのものを用いる）、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いればよい。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすること

はいうまでもない。

【0080】ウェハステージやレチクルステージにリアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもいい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもいい。ステージの駆動装置としては、2次元に磁石を配置した磁石ユニットと、2次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力によりステージを駆動する平面モータを用いてもいい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージの移動面側に設ければよい。

【0081】ウェハステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもいい。レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

【0082】なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記の実施の形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

【0083】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、検出光をストリートライン上に照明して合焦点に対するストリートラインのずれを検出しているため、位置検出光学系の焦点に対するストリートラインの位置ずれを精度良く検出することができるという効果がある。また、検出光はストリートライン上であってマークの形成領域と異なる領域に照射され、マークによる散乱を受けないので焦点検出を行うために十分な光量が得られ、その結果位置ずれ検出の精度向上にもつながるという効果も得られる。

【0084】また、本発明によれば、互いに直交する第1検出光又は第2検出光をマークが形成されているストリートライン上に照射することができるので、マークの位置検出に好適である。また、第1検出系及び第2検出系の少なくとも一方が複数設けられていれば（照明光のストリートライン上への照射個数（照射位置）を増やせば）、一度の位置ずれ検出によってマーク周辺のストリートライン上の複数箇所における位置ずれを検出することができるため、この複数箇所の計測結果に基づいて、より精密な計測結果を得ることができるという効果が得られる。

【0085】更に、前記第1及び第2検出光の反射光の強度を比較し、該比較結果に応じて前記第1及び第2検

出系の何れか一方を選択して焦点検出を行ったり、位置検出すべきマークが存在するストリートラインが第1方向に沿う場合には前記第1検出系を、前記第2方向に沿う場合には前記第2検出系を選択して焦点検出を行っており、ストリートライン以外の領域に照射された検出光の反射光による焦点検出を行う必要がないため、結果としてスループットの向上に寄与するという効果がある。

【0086】また、本発明によれば、アライメント装置によりアライメント装置の合焦点に対するストリートラインの位置ずれが高い精度で検出され、この高い精度を有する検出結果に基づき高い精度で基板の位置合わせを行うことができるので、より微細なデバイスを作成する場合に極めて好適であるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】 本発明の一実施形態によるアライメントセンサ14の構成を示す図である。

【図3】 視野絞り板21の一例を示す断面図である。

【図4】 ウェハW上における照明光IL2の照射位置を説明するための図である。

【図5】 ストリートラインSLが形成されたウェハW上における照明光IL2の照射位置を説明するための図である。

【図6】 本発明の他の実施形態によるアライメント装置の構成を示す図である。

【図7】 (a)は視野絞り板53の一例を示す断面図であり、(b)は遮光板56の一例を示す図である。

【図8】 照明光IL3が図5中のアライメントマークAM3を照射している様子を示す図である。

【図9】 本発明の一実施形態による露光装置を用いたデバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の生産のフローチャートである。

【図10】 従来のアライメントセンサの構成を示す図である。

【図11】 (a)は視野分割絞り103の一例を示す図であり、(b)は遮光板113の一例を示す図である。

【図12】 従来のアライメントセンサ100のウェハ\*40

\* W上における照明領域を説明するための図である。

【図13】 従来のアライメントセンサ100において、照明領域を変更した場合の不具合を説明するための図である。

【図14】 本発明の実施形態における焦点検出後に基板ステージを移動してマークAM3の位置検出を行う例を示す図である。

【図15】 本発明の実施形態におけるLSAの場合の焦点検出後に基板ステージを移動してマークAM3の位置検出を行う例を示す図である。

#### 【符号の説明】

14, 50…アライメント装置としてのアライメントセンサ、

17…位置検出光学系及び焦点検出系の一部を構成するプリズムミラー、

24…位置検出光学系及び焦点検出系の一部を構成する対物レンズ、

25…位置検出光学系及び焦点検出系の一部を構成するレンズ系、

26, 28…焦点光学系の第1検出系の一部を構成する反射板、

27, 29…焦点光学系の第2検出系の一部を構成する反射板、

30…焦点光学系の一部を構成するレンズ系、

33…焦点光学系の一部を構成する瞳分割ミラー、

34…焦点光学系の一部を構成するレンズ系、

35…焦点光学系の一部を構成するラインセンサ、

53…位置検出光学系の一部を構成する指標板、

IL2, IL3, ILx, ILy, ILx1, ILy1, ILx2, ILy2…検出光としての照明光、

54…位置検出光学系の一部を構成するリレーレンズ系、

55…位置検出光学系の一部を構成する撮像素子、

56…焦点検出系の一部を構成する遮光板、

SL…ストリートライン、

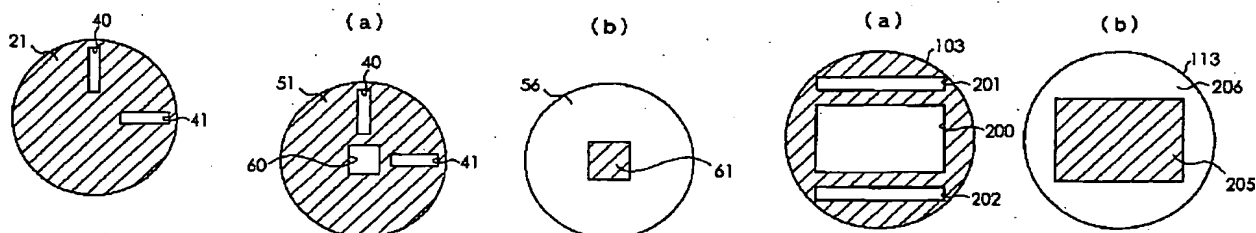
AM, AM1~AM4…マークとしてのアライメントマーク、

W…基板としてのウェハ、RA…マークの形成領域としての領域

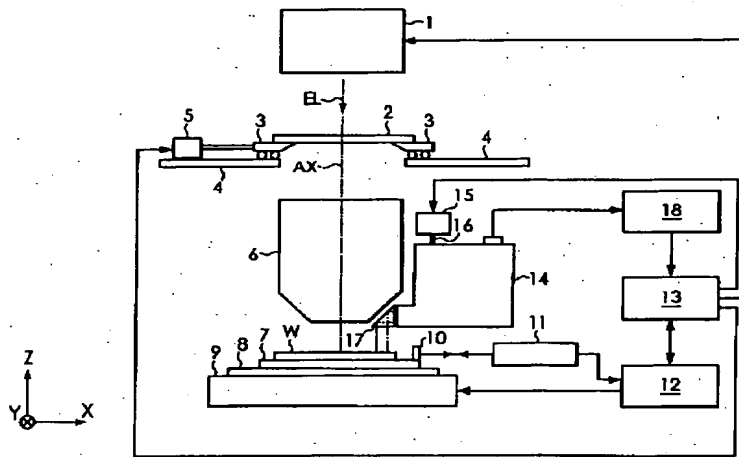
【図3】

【図7】

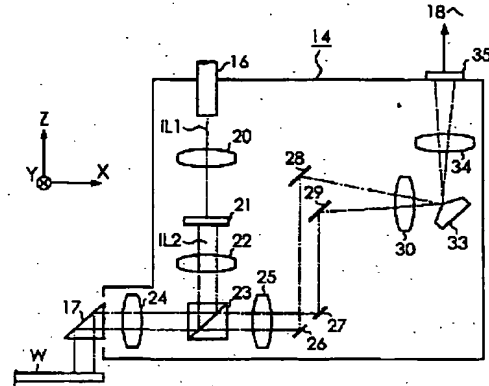
【図11】



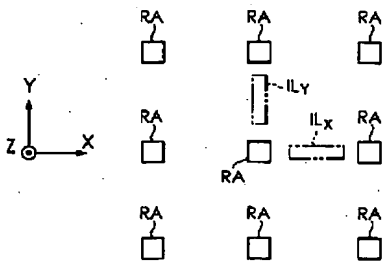
【図1】



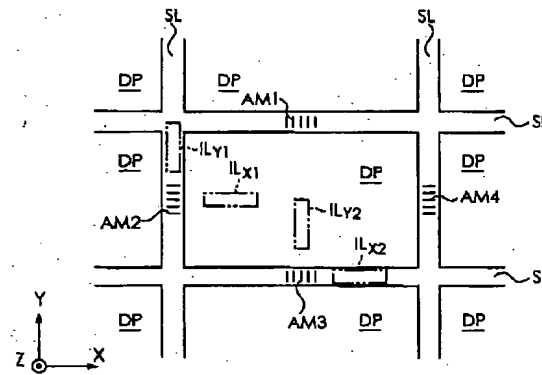
【図2】



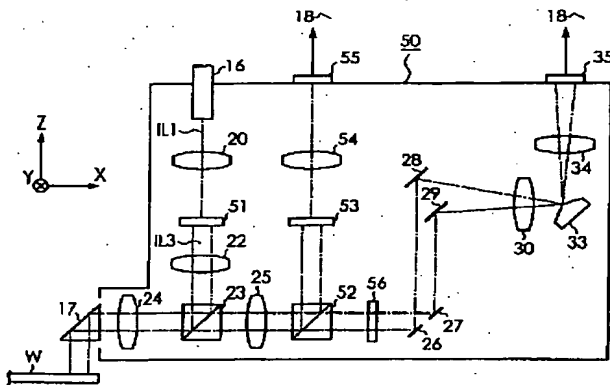
【図4】



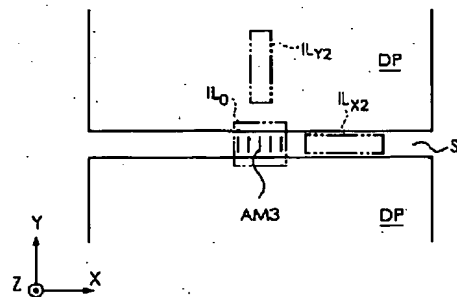
【図5】



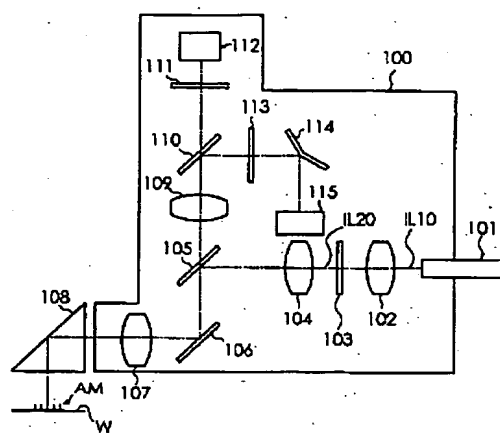
【図6】



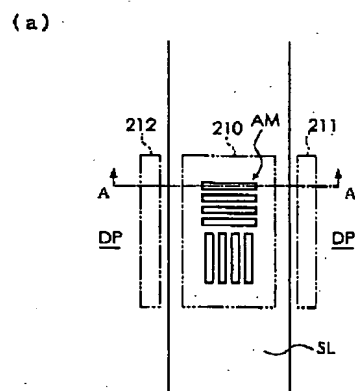
【図8】



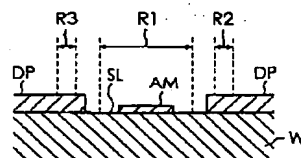
【図 10】



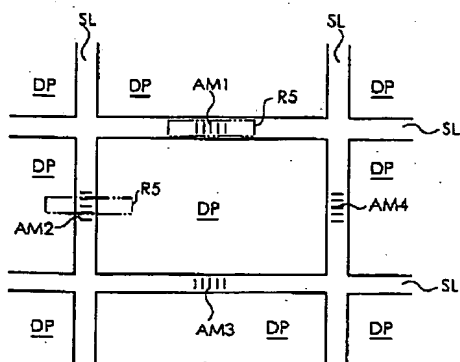
【图 1 2】



(b)

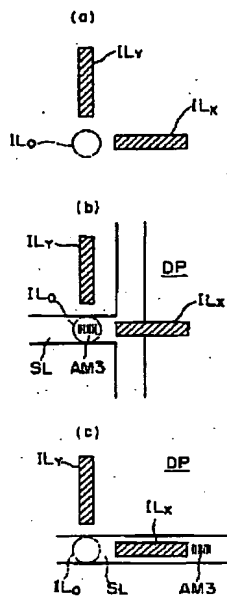


【图 13】





【図14】



【図15】

